



Solvarmeanlægs energibesparelser

Furbo, Simon; Fan, Jianhua

Publication date:
2011

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Furbo, S., & Fan, J. (2011). *Solvarmeanlægs energibesparelser*. DTU Byg, Danmarks Tekniske Universitet. B Y G D T U. Rapport No. R-238(DK)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Solvarmeanlægs energibesparelser

Simon Furbo
Jianhua Fan

Rapport

Institut for Byggeri og Anlæg
2011

DTU Byg Rapport R-238 (DK)
Januar 2011

Indholdsfortegnelse

| | |
|---|----|
| Forord | 2 |
| Resume | 3 |
| Summary | 4 |
| 1. Baggrund | 5 |
| 2. De undersøgte solvarmeanlæg | 7 |
| 3. Energibesparelser for solvarmeanlæg | 9 |
| 3.1 Analysemetode | 10 |
| 3.2 Energibesparelser | 12 |
| 3.3 Sammenfatning | 13 |
| 4. Konklusion | 14 |
| Referencer | 15 |
| Bilag 1: Ansøgningsskema | 16 |
| Bilag 2: Skema vedrørende energiforbrug før installation af solvarmeanlægget | 17 |
| Bilag 3: Skema vedrørende energiforbrug i 2009 | 19 |
| Bilag 4: Skema vedrørende energiforbrug i 2010 | 20 |

Forord

Rapporten beskriver undersøgelser af energibesparelser for en række forskelligt udformede solvarmeanlæg i enfamiliehuse. Solvarmeanlæggene, som er fra Velux Danmark A/S, Sonnenkraft Scandinavia A/S og Batec Solvarme A/S, er opført i 2008-2010.

Rapporten afslutter energiforskningsprojektet EFP07-II, Solvarmeanlægs energibesparelser, fase 2, j.nr. 33033-0216. Projektet er en fortsættelse af forskningsprojektet EFP07, Solvarmeanlægs energibesparelser, j.nr. 033001/33033-0046, hvor solvarmeanlæg fra Velux Danmark A/S, Sonnenkraft Scandinavia A/S og Batec Solvarme A/S blev afprøvet i DTU Bygs prøvestand for solvarmeanlæg, [1].

Forskningsprojektet er støttet af Energistyrelsen og gennemført af DTU Byg i samarbejde med Velux Danmark A/S, Sonnenkraft Scandinavia A/S og Batec Solvarme A/S.

Resume

Energibesparelsen for en række nye solvarmeanlæg i enfamiliehuse er bestemt ved hjælp af oplysninger om husenes energiforbrug før og efter installationen af solvarmeanlæggene.

Solvarmeanlæggene er fra Velux Danmark A/S, Sonnnenkraft Scandinavia A/S og Batec Solvarme A/S. Solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning og solvarmeanlæg til kombineret brugsvands- og rumopvarmning indgår i undersøgelserne. Husene har forskellige supplerende energianlæg: Naturgaskedel, oliefyr, elvarme og fjernvarme. Nogle af husene har forskellige supplerende energianlæg i form af yderligere en brændeovn eller varmepumpe. Solvarmeanlæggenes størrelser varierer mellem 1,83 m² og 9,28 m².

Nogle af solvarmeanlæggene er baseret på energiunits med en indbygget ny naturgaskedel og et varmelager til solvarmeanlægget. De fleste af solvarmeanlæggene benytter husets eksisterende energianlæg som supplerende energianlæg.

De årlige energibesparelser for husene, hvor den eneste ændring i huset er installationen af solvarmeanlægget, varierer mellem 300 kWh pr. m² solfanger og 1300 kWh pr. m² solfanger. Den gennemsnitlige årlige energibesparelse er ca. 670 kWh pr. m² solfanger for disse solvarmeanlæg.

Energibesparelsens størrelse pr. m² solfanger afhænger hverken af solvarmeanlægstype, den supplerende energikilde, solfangerfabrikat, solfangerareal, solfangertype, solfangerhældning eller solfangerorientering. Heller ikke husets energiforbrug og lokalitet spiller nogen rolle.

De årlige energibesparelser for husene, hvor solvarmeanlægget blev installeret samtidig med en ny naturgaskedel, varierer mellem 790 kWh pr. m² solfanger og 2090 kWh pr. m² solfanger. Den gennemsnitlige årlige energibesparelse er ca. 1520 kWh pr. m² solfanger for disse solvarmeanlæg. Heller ikke for disse solvarmeanlæg afhænger energibesparelsen af solvarmeanlægstype, den supplerende energikilde, solfangerfabrikat, solfangerareal, solfangertype, solfangerhældning, solfangerorientering, husets energiforbrug eller husets lokalitet.

De årlige energibesparelser for nye solvarmeanlæg i enfamiliehuse er altså meget høje, mellem 300 kWh pr. m² solfanger og 2090 kWh pr. m² solfanger. Hvis husets eksisterende energianlæg benyttes som back up energianlæg for solvarmeanlægget opnås typiske årlige besparelser på mellem 500 kWh pr. m² solfanger og 800 kWh pr. m² solfanger. Installerer der en ny naturgaskedel samtidig med solvarmeanlægget opnås typiske årlige energibesparelser på mellem 1000 kWh pr. m² solfanger og 2000 kWh pr. m² solfanger.

Summary

Energy savings for a number of new solar heating systems in one family houses have been determined by means of information on the energy consumption of the houses before and after installation of the solar heating systems.

The investigated solar heating systems are marketed by Velux Danmark A/S, Sonnenkraft Scandinavia A/S and Batec Solvarme A/S. Solar domestic hot water systems as well as solar combi systems are included in the investigations. The houses have different auxiliary energy supply systems: Natural gas boilers, oil fired burners, electrical heating and district heating. Some of the houses have a second auxiliary energy supply system. The collector areas vary from 1.83 m² to 9.28 m².

Some of the solar heating systems are based on energy units with a new integrated natural gas boiler and a heat storage for the solar heating system. The existing energy systems in the houses are for most of the houses used as the auxiliary energy systems for the solar heating systems.

The yearly energy savings for the houses where the only change is the installation of the solar heating system vary from 300 kWh per m² solar collector to 1300 kWh per m² solar collector. The average yearly energy savings is about 670 kWh per m² solar collector for these solar heating systems.

The energy savings per m² solar collector are not influenced by the solar heating system type, the company marketing the system, the auxiliary energy supply system, the collector area, the collector tilt, the collector azimuth, the energy consumption of the house or the location of the house.

The yearly energy savings for the houses with solar heating systems based on energy units including a new natural gas boiler vary from 790 kWh per m² solar collector to 2090 kWh per m² solar collector. The average yearly energy savings is about 1520 kWh per m² solar collector for these solar heating systems. The energy savings per m² solar collector for these systems are also not influenced by the solar heating system type, the company marketing the system, the auxiliary energy supply system, the collector area, the collector tilt, the collector azimuth, the energy consumption of the house or the location of the house.

That is, yearly energy savings for new solar heating systems in one family houses are high, ranging from 300 kWh per m² solar collector to 2090 kWh per m² solar collector. If the existing energy system is used as the back up energy system for the solar heating system typical yearly energy savings vary from 500 kWh per m² solar collector to 800 kWh per m² solar collector. For solar heating systems with a new energy unit including a new natural gas boiler typical yearly energy savings vary from 1000 kWh per m² solar collector to 2000 kWh per m² solar collector.

1. Baggrund

Der er tidligere gennemført mange undersøgelser vedrørende solvarmeanlægs ydelser. Undersøgelserne er gennemført både på basis af målinger for solvarmeanlæg i laboratorieprøvestande og for solvarmeanlæg i praksis.

På trods af det høje antal undersøgelser af solvarmeanlægs ydelser er der kun gennemført ganske få undersøgelser vedrørende solvarmeanlægs energibesparelser. Det er bemærkelsesværdigt, da solvarmeanlæg jo installeres for at spare energi. Årsagen til at der kun er gennemført få undersøgelser er at det er særdeles vanskeligt at bestemme energibesparelser for solvarmeanlæg i praksis. For at bestemme energibesparelsen skal der nemlig holdes styr på mange forskellige energistørrelser og effektiviteter.

Energibesparelsen for et solvarmeanlæg i et enfamiliehus må således bestemmes ved at bestemme energiforbruget i huset både uden og med solvarmeanlægget.

Før/uden installation af solvarmeanlægget skal følgende størrelser bestemmes:

- Udnyttelse af energien for husets energianlæg
- Energianlæggets elforbrug

Efter/med installation af solvarmeanlægget skal følgende størrelser bestemmes:

- Solvarmeanlæggets ydelse
- Sparet tomgangstab ved at slukke for det supplerende energianlæg om sommeren
- Udnyttelse af energien for det supplerende energianlæg
- Det supplerende energianlægs elforbrug
- Solvarmeanlæggets elforbrug

For at vanskeliggøre bestemmelsen af solvarmeanlægs energibesparelse yderligere skal det nævnes at alle ovenfor nævnte størrelser afhænger af husets varmebehov, af varmtvandsforbruget og eventuelt af varmetabet fra en cirkulationsledning. Disse størrelser vil variere fra år til år på grund af variationer i vejret og ændringer af forbrugsvaner. Desuden bør det nævnes at eventuelle ændringer af varmtvandsanlæggets og energianlæggets rørføring og styring i forbindelse med installationen af solvarmeanlægget også spiller en rolle for solvarmeanlæggets energibesparelse.

Endelig skal det nævnes at solvarmeanlæg ofte i dag er baseret på færdige energiunits, hvori der er inkluderet et nyt oliefyr eller en ny naturgaskedel. På denne måde opnås der sandsynligvis en forbedret udnyttelse af olien eller naturgassen i forhold til udnyttelsen af olie/naturgas i situationen uden solvarme. Herved forøges energibesparelsen.

En svensk undersøgelse af solvarmeanlægs energibesparelser blev gennemført i 2000, [2]. I undersøgelsen deltog husejere, som gav oplysninger om deres energiforbrug før og efter installation af solvarmeanlæg. Undersøgelsen var udelukkende baseret på disse oplysninger fra husejerne. Der blev således for eksempel ikke gennemført målinger af solvarmeanlæggenes ydelser. Undersøgelsen viste uventet høje energibesparelser og uventet store variationer i energibesparelserne.

Solvarmeanlæg med solfangerarealer mellem 4 m² og 25 m² var inkluderet i undersøgelserne. Solvarmeanlæggenes årlige energibesparelser varierede mellem 0 kWh pr. m² solfanger og 2750 kWh pr. m² solfanger. Det gennemsnitlige solfangerareal for de undersøgte solvarmeanlæg var 11 m² og typiske energibesparelser lå mellem 650 kWh pr. m² solfanger og 900 kWh pr. m² solfanger.

Der er ved DTU Byg gennemført en enkelt detaljeret undersøgelse af energibesparelsen for et 6,75 m² solvarmeanlæg til kombineret brugsvands- og rumopvarmning, [3]. Undersøgelsen er baseret på måling af energiforbrug og varmebehov før og efter installationen af solvarmeanlægget samt på måling af solvarmeanlæggets ydelse. Undersøgelsen viste energibesparelser på højde med den svenske undersøgelse. Den årlige energibesparelse varierede mellem 650 kWh pr. m² solfanger og 730 kWh pr. m² solfanger. Energibesparelsen var størst i år med store varmebehov og solindfald om foråret. Solfangerydelsen udgjorde ca. halvdelen af energibesparelsen.

En teoretisk undersøgelse har vist at energibesparelsen for solvarmeanlæg afhænger stærkt af effektiviteten af husets energianlæg før solvarmeanlægget installeres, [4]. Specielt spiller effektiviteten om sommeren en afgørende rolle.

Målinger for nye naturgaskedler og nye oliefyr installeret i enfamiliehuse har vist uventet lave udnyttelser af naturgas og olie om sommeren og i perioder med lave varmebehov, [5]. Dette er af stor betydning for solvarmeanlægs energibesparelser fordi solvarmeanlægget muliggør at oliefyr og naturgaskedel kan slukkes i disse perioder med høje energibesparelser til følge. En kondenserende og ikke kondenserende naturgaskedel og et ikke kondenserende oliefyr var inkluderet i undersøgelserne. På trods af høje årlige udnyttelser af naturgas/olie på mellem 80% og 95% var udnyttelsen af naturgas/olie i sommermånederne kun mellem 50% og 80%. I sommermånederne maj-september var energitabet defineret som naturgas-/olieforbruget minus varmekonsumet og varmtvandsforbruget ca. 1000 kWh for det nye oliefyr og for den nye ikke kondenserende naturgaskedel, og ca. 500 kWh for den nye kondenserende naturgaskedel. Disse store energitørrelser kan let spares når der installeres solvarmeanlæg.

Udgangspunktet for at opnå høje energibesparelser for danske solvarmeanlæg synes således at være godt. Spørgsmålet er, om danske solvarmeanlægs energibesparelser er lavere eller højere end de svenske solvarmeanlægs energibesparelser. For at bestemme størrelsen af energibesparelser for nye danske solvarmeanlæg i enfamiliehuse blev nærværende projekt gennemført i perioden 2008-2010.

I første fase af projektet blev tre solvarmeanlæg fra Velux Danmark A/S, Sonnenkraft Scandinavia A/S og Batec Solvarme A/S afprøvet i DTU Bygs prøvestand for solvarmeanlæg, [1]. Anlæggene blev fremvist for interesserede husejere, blandt andet på Solenergidagen den 17. maj 2008. På Solenergidagen blev der etableret kontakt til husejere, der både ønskede at installere solvarmeanlæg og at deltage i projektet.

Efter Solenergidagen deltog Velux Danmark A/S, Sonnenkraft Scandinavia A/S og Batec Solvarme A/S, DTU Byg samt interesserede solvarmeinstallatører aktivt i arbejdet med at finde i alt 30 husejere, som ønskede at installere et solvarmeanlæg på deres enfamiliehus. Husejerne lovede at oplyse DTU Byg om deres energiforbrug før og efter installationen af solvarmeanlægget.

Forskellige typer solvarmeanlæg indgår i undersøgelserne: Solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning og solvarmeanlæg til kombineret brugsvandsopvarmning og

rumopvarmning. Nogle af solvarmeanlæggene er baseret på markedsførte units, som både inkluderer en ny naturgaskedel og et varmelager til solvarmeanlægget, andre anlæg installeres i huse, hvor det eksisterende energianlæg ikke ændres. Solvarmeanlæggene, som har forskellige størrelser, er fra Velux Danmark A/S, Sonnenkraft Scandinavia A/S og Batec Solvarme A/S. Huse med forskellige eksisterende energianlæg indgår i undersøgelserne, for eksempel huse med oliefyr, naturgaskedler, pillefyr, brændefyr, fjernvarme, elvarme og varmepumpe. Husene, som har forskellige størrelser og varmebehov, er lokaliseret forskellige steder fordelt over hele Danmark.

2. De undersøgte solvarmeanlæg

I alt blev der som nævnt ovenfor udvalgt 30 solvarmeanlæg til undersøgelserne.

Solvarmeanlæggene blev installeret i forskellige enfamiliehuse i perioden august 2008 - december 2009. Et af anlæggene blev dog først installeret i februar 2010. I alt indgår i undersøgelsen 10 solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning og 20 solvarmeanlæg til kombineret brugsvands- og rumopvarmning.

6 af solvarmeanlæggene er baseret på markedsførte units som inkluderer en ny naturgaskedel, mens et af solvarmeanlæggene har et nyt brændefyr som supplerende energianlæg.

Solvarmeanlæggene har forskellige størrelser. Solfangerarealet varierer mellem 1,83 m² og 10,76 m², og volumen af varmelageret varierer mellem 200 l og 800 l. 3 anlæg er forsynet med vakuumrørsolfangere og 27 anlæg er baseret på plane solfangere.

13 af solvarmeanlæggene er fra Velux Danmark A/S, 11 af solvarmeanlæggene er fra Sonnenkraft Scandinavia A/S, 5 af solvarmeanlæggene er fra Batec Solvarme A/S og 1 solvarmeanlæg er et kombineret anlæg fra Velux Danmark A/S og Sonnenkraft Scandinavia A/S.

14 af husene er forsynet med naturgaskedler, 9 af husene har oliefyr, 4 huse er elopvarmede, 2 huse har fjernvarme og 1 hus har pillefyr. Derudover har nogle af husene flere supplerende energianlæg.

Solvarmeanlæggene blev udvalgt på basis af oplysninger fra husejerne. Husejeren ansøgte om at deltage i projektet ved at udfylde et ansøgningsskema, se bilag 1. Husene blev udvalgt således at husets eneste ændring var installationen af solvarmeanlægget. Desværre viste det sig, at 5 af de udvalgte huse blev energirenoveret eller ombygget efter installationen af solvarmeanlægget. Derfor kan energibesparelsen, som opnås for disse 5 huse ikke alene tilskrives solvarmeanlægget.

Husene er lokaliseret forskellige steder i Danmark: 18 på Sjælland, 7 i Jylland, 4 på Fyn og 1 på Bornholm.

I tabel 1 er de vigtigste data for de 30 solvarmeanlæg angivet. Desuden angives DMIs klimastation, som er placeret nærmest ved hvert solvarmeanlæg.

I forbindelse med udvælgelsen af solvarmeanlæggene lovede alle husejerne at forsyne DTU Byg med oplysninger om husenes energiforbrug før og efter installationen af solvarmeanlæggene.

| Lokalitet | Fabrikat | Solfangerareal m² | Solfangertype | Tankvolumen liter | Anlægstype | Cirkulationsledning? | Solfangerorientering | Solfangerhældning | Antal beboere | Back up energianlæg | Andre energitiltag end solvarme? | Nærmeste DMI klimastation |
|----------------|-------------------|----------------------|---------------|----------------------|------------|----------------------|----------------------|-------------------|---------------|-------------------------------|--|---------------------------------|
| Værløse | Velux | 4,30 | Plan | 300 | BV | Nej | Sydøst | 45° | 4 | Naturgaskedel | Ja, hus ombygget | Sjælsmark |
| Jægerspris | Velux | 3,65 | Plan | 200 | BV | Nej | Sydvest | 45° | 2 | Oliefyr | Nej | Hillerød |
| Kerteminde | Batec | 4,38 | Plan | 280 | BV | Nej | Syd | 45° | 3 | Naturgaskedel og brændefyr | Nej | Odense |
| Tilst | Velux | 1,83 | Plan | 200 | BV | Nej | Syd | 30° | 2 | Elvarme/varmepumpe | Nej | Århus |
| Odense | Batec | 4,38 | Plan | 275 | BV | Nej | Sydsydvest | 50° | 5 | Oliefyr/brændefyr | Ja, nyt brændefyr | Odense |
| Højbjerg | Sonnenkraft | 6,61 | Plan | 400 | BV | Ja | Øst | 20° | 5 | Elvarme | Nej | Århus |
| Næstved | Velux | 4,16 | Plan | 300 | BV | Ja | Syd | 25° | 4 | Elvarme/Brændeovn | Nej | Næstved |
| Morud | Velux | 4,30 | Plan | 300 | BV | Ja | Syd | 21° | 4 | Naturgaskedel | Nej | Odense |
| Humblebæk | Velux | 4,30 | Plan | 300 | BV | Ja | Sydvest | 60° | 2 | Elvarme/Brændeovn | Nej | Sjælsmark |
| Bjerringbro | Velux | 6,46 | Plan | 400 | BV | Ja | Syd | 48° | 4 | Oliefyr | Nej | Århus |
| Hørsholm | Sonnenkraft | 3,23 | Plan | 255 | Kombi | Nej | Syd | 45° | 3 | Naturgaskedel/Brændeovn | Ja, oliefyr udskiftet med naturgaskedel | Sjælsmark |
| Virum | Sonnenkraft | 4,46 | Vakuurmør | 255 | Kombi | Ja | Syd | 45° | 3 | Naturgaskedel/Brændeovn | Ja, oliefyr udskiftet med naturgaskedel og hus energirenoveret | Sjælsmark |
| Sorø | Sonnenkraft | 6,63 | Plan | 255 | Kombi | Nej | Syd | 25° | 4 | Naturgaskedel | Ja, hus energirenoveret | Sorø |
| Højby | Sonnenkraft | 6,63 | Plan | 300 | Kombi | Ja | ? | 20° | 2 | Pillefyr | Ja, hus ombygget | Nykøbing Sj. |
| Charlottenlund | Sonnenkraft | 6,63 | Plan | 500 | Kombi | Ja | Sydøst | 40° | 2 | Naturgaskedel | Ja, oliefyr udskiftet med naturgaskedel | Sjælsmark |
| Årslev | Sonnenkraft | 6,46 | Vakuurmør | 500 | Kombi | Nej | Sydsydvest | 45° | 4 | Naturgaskedel | Nej | Odense |
| Gørlose | Sonnenkraft | 8,81 | Vakuurmør | 800 | Kombi | Ja | Øst og vest | 45° | 3 | Fjernvarme | Nej | Hillerød |
| Birkerød | Sonnenkraft | 4,64 | Plan | 350 | Kombi | Ja | Syd | 30° | 2 | Naturgaskedel | Ja, oliefyr udskiftet med naturgaskedel | Sjælsmark |
| Glostrup | Batec | 6,57 | Plan | 200 | Kombi | Ja | Syd | 30° | 1 | Naturgaskedel | Nej | København |
| Svinninge | Batec | 9,00 | Plan | 280 | Kombi | Ja | Syd | 30° | 4 | Naturgaskedel | Nej | Nykøbing Sj. |
| Sulsted | Sonnenkraft | 4,66 | Plan | 300 | Kombi | Ja | Syd | 35° | 2 | Naturgaskedel | Ja, ny naturgaskedel | Ålborg |
| Humblebæk | Batec | 8,76 | Plan | 280 | Kombi | Ja | Syd | 15° | 2 | Oliefyr | Nej | Sjælsmark |
| Rønne | Velux | 5,76 | Plan | 400 | Kombi | Ja | Syd | 45° | 2 | Oliefyr/træpillefyr | Nej | Rønne |
| Hørsholm | Velux | 4,16 | Plan | 370 | Kombi | Ja | Syd | 45° | 2 | Naturgaskedel/Brændeovn | Ja, hus energirenoveret | Sjælsmark |
| Vedbæk | Velux/Sonnenkraft | 10,76 | Plan | 500 | Kombi | Ja | Sydsydvest | 45° | 5 | Naturgaskedel | Nej | Sjælsmark |
| Dyssegård | Velux | 6,46 | Plan | 400 | Kombi | Ja | Syd | 30° | 5 | Naturgaskedel | Nej | København |
| Hellerup | Sonnenkraft | 9,28 | Plan | 500 | Kombi | Nej | Syd | 45° | 4 | Naturgaskedel | Nej | København |
| Haderslev | Velux | 6,46 | Plan | 300 | Kombi | Ja | Syd | 30° | 5 | Naturgaskedel | Nej | Åbenrå |
| Vinderup | Velux | 6,46 | Plan | 400 | Kombi | Ja | Syd | 35° | 4 | Fjernvarme | Nej | Holstebro |
| Horsens | Velux | 6,93 | Plan | 400 | Kombi | Ja | Vest og syd | 25° | 5 | Naturgaskedel | Ja, ny naturgaskedel | Horsens |

Solfangerareal: Transparent solfangerareal

Plan: Plan solfanger

Vakuurmør: Vakuurmørsolfanger

BV: Solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning

Kombi: Solvarmeanlæg til kombineret brugsvands- og rumopvarmning

Tabel 1. Data for de 30 undersøgte solvarmeanlæg.

3. Energibesparelser for solvarmeanlæg

De 30 ejere af solvarmeanlæggene, som er omtalt i kapitel 2, lovede før installationen af solvarmeanlæggene at oplyse DTU Byg om deres energiforbrug før og efter installationen af solvarmeanlæggene. Ejerne blev i den forbindelse bedt om at udfylde 3 skemaer, som fremgår af bilag 2, 3 og 4.

Desværre holdt ikke alle ejerne hvad de havde lovet på trods af mange opfordringer. For eksempel var der nogle ejere som slet intet oplyste. Husejernes oplysninger om energiforbrugene før installationen af solvarmeanlæggene varierer meget fra hus til hus. For nogle huses vedkommende findes der informationer om energiforbruget helt fra 1998, for andre huse er oplysningerne om energiforbruget før installation af solvarmeanlægget desværre så mangelfulde, at det ikke er muligt at bestemme energibesparelsen for solvarmeanlægget.

I alt er der tilstrækkelige oplysninger om husenes energiforbrug til at bestemme den årlige energibesparelse for 22 solvarmeanlæg. De 22 anlæg er de anlæg, der er markeret med **rødt** i tabel 1.

6 af solvarmeanlæggene er solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning og 16 af solvarmeanlæggene er til kombineret brugsvands- og rumopvarmning.

6 af solvarmeanlæggene er baseret på markedsførte units som inkluderer en ny naturgaskedel, mens 16 af anlæggene benytter et eksisterende energianlæg som supplerende energianlæg. 21 af solvarmeanlæggene er installeret i huse, som ikke efterfølgende blev energirenoveret eller ombygget.

De 22 solvarmeanlægs solfangerarealer varierer mellem 1,83 m² og 9,28 m², og volumen af varmelageret varierer mellem 200 l og 800 l. Det gennemsnitlige solfangerareal for de 22 solvarmeanlæg er 5,9 m². 3 af anlæggene er forsynet med vakuumrørsolfangere og 19 anlæg er baseret på plane solfangere.

9 af de 22 solvarmeanlæg er fra Velux Danmark A/S, 9 er fra Sonnenkraft Scandinavia A/S og 4 er fra Batec Solvarme A/S.

14 af husene har naturgaskedler, 3 af husene har oliefyr, 3 huse er elopvarmede og 2 huse har fjernvarme. Derudover har nogle af husene flere supplerende energianlæg i form af yderligere en brændeovn eller varmepumpe.

Husene er lokaliseret forskellige steder i Danmark: 12 på Sjælland, 6 i Jylland, 3 på Fyn og 1 på Bornholm.

3.1 Analysemetode

Huses varmebehov og dermed energiforbrug afhænger først og fremmest af vejret. Specielt spiller graddøgntallet en afgørende rolle for huses energiforbrug. Derfor tages der ved bestemmelse af et solvarmeanlægs energibesparelse udgangspunkt i graddøgntallet for den af DMIs klimastationer, der er lokaliseret nærmest ved solvarmeanlægget, se tabel 1. Månedlige størrelser af graddøgntallet findes på DMIs hjemmeside <http://www.dmi.dk/dmi/index/danmark/oversigter/graddage.htm>, [6].

Sammenhængen mellem det årlige graddøgntal og det årlige energiforbrug for hvert hus bestemmes derfor på basis af disse størrelser og på basis af husejernes oplyste energiforbrug for en række år før installationen af solvarmeanlægget. På basis heraf kan husets årlige energiforbrug for en periode i 2009 og 2010 bestemmes, når graddøgntallet er kendt under forudsætning af at solvarmeanlægget ikke er installeret. Da husets energiforbrug med solvarmeanlægget for året kendes, kan den årlige energibesparelse for solvarmeanlægget bestemmes som forskellen mellem de to energiforbrug.

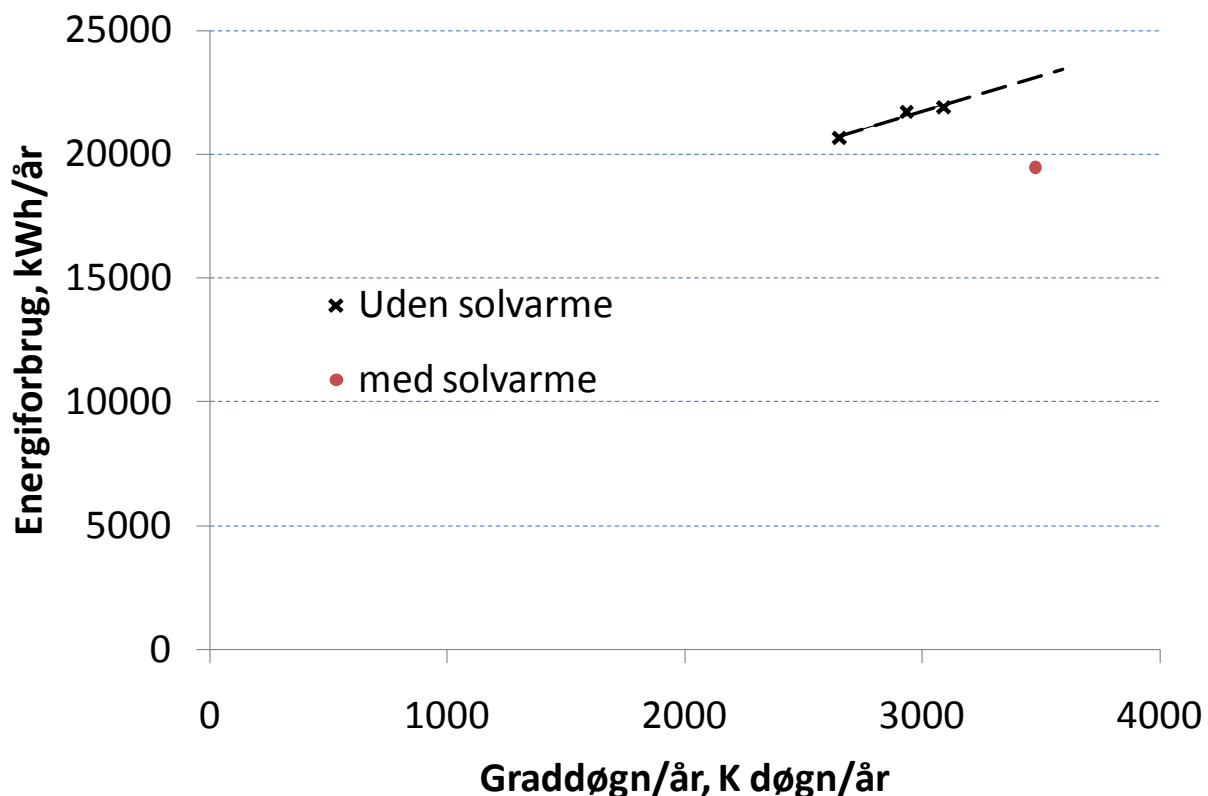
Et eksempel på bestemmelsen af energibesparelsen for solvarmeanlægget i Højbjerg er vist i det følgende. Huset er som det fremgår af tabel 1 elopvarmet. Solvarmeanlægget er til brugsvandsopvarmning, og solfangerarealet er 6,61 m². Anlægget blev opført i august 2009.

Årlige elforbrug for huset i 3 år før og 1 år efter installationen af solvarmeanlægget samt graddøgntallet for DMIs klimastation i Århus fremgår af tabel 2.

| Periode | Elforbrug | Graddøgntal |
|---------------------------|-----------|-------------|
| Oktober'06 – September'07 | 20660 kWh | 2650 K døgn |
| Oktober'07 – September'08 | 21701 kWh | 2934 K døgn |
| Oktober'08 – September'09 | 21884 kWh | 3089 K døgn |
| Oktober'09 – September'10 | 19454 kWh | 3476 K døgn |

Tabel 2. Elforbrug og graddøgntal for huset i Højbjerg.

Figur 1 viser sammenhængen mellem det årlige energiforbrug og graddøgntal med og uden solvarmeanlægget. På basis af figuren vurderes det at elforbruget i oktober'09 - september'10 ville have været ca. 23500 kWh uden solvarmeanlægget. Elforbruget i perioden var 19454 kWh. Det svarer til en årlig energibesparelse på $23500 - 19454 = 4046$ kWh, eller ca. 4050 kWh, svarende til ca. 610 kWh pr. m² solfanger.



Figur 1. Energiforbrug som funktion af graddøgntallet for huset i Højbjerg med og uden solvarmeanlæg.

Årsagen til den høje energibesparelse er sandsynligvis at solvarmeanlægget dækker en betydelig del af cirkulationsledningens store varmetab.

Som det fremgår af tabel 1 er der i de undersøgte huse mange forskellige energianlæg. Energiforbrugene er oplyst i m³ naturgas, l olie, kg træpiller, kg træbriketter, kg brænde, m³ brænde, kWh el eller kWh fjernvarme. For at bestemme de årlige energibesparelser i kWh og kWh pr. m² solfanger er der foretaget omregninger på basis af:

- 11,08 kWh pr. m³ naturgas
- 9,89 kWh pr. l olie
- 4,90 kWh pr. kg træpille
- 4,90 kWh pr. kg træbrikket
- 4,04 kWh pr. kg brænde eller 2025 kWh pr. m³ brænde

Værdierne for træpiller og brænde er usikre, da fugtindholdet for træet spiller en rolle for brændværdien. Det vurderes dog at de benyttede værdier er rimelige. Værdierne for naturgas og olie er bestemt med større sikkerhed.

Ovenfor nævnte metode er benyttet ved bestemmelsen af energibesparelserne for alle solvarmeanlæggene, som indgår i undersøgelsen. Der tages udgangspunkt i de oplyste totale energiforbrug, det vil sige at elforbruget medregnes, også selv om den supplerende energikilde ikke er elvarme. På denne måde tages der hensyn til de elforbrug, som er knyttet til solvarmeanlægget, til det supplerende energianlæg og til energianlægget, der sørgede for varmen før installationen af

solvarmeanlægget. Metoden benyttes for nogle anlæg med årlige størrelser af energiforbrug og graddøgntal, for andre anlæg med månedlige størrelser af energiforbrug og graddøgntal, i afhængighed af husejernes oplysninger. De årlige energibesparelser er bestemt for et år i perioden januar 2009 - december 2010, igen i afhængighed af oplysningerne fra husejerne.

Det skal bemærkes at energibesparelsen bestemt med den benyttede metode har en relativ stor unøjagtighed. Det vurderes at energibesparelserne er bestemt med en nøjagtighed på ca. 10%.

3.2 Energibesparelser

De årlige energibesparelser for de 22 solvarmeanlæg, hvor det er muligt at bestemme energibesparelsen, fremgår af tabel 3. Både den totale årlige energibesparelse og den årlige energibesparelse pr. m² solfanger opnået i huset efter installationen af solvarmeanlægget er angivet.

De årlige energibesparelser for de 22 huse varierer mellem 1300 kWh og 13500 kWh.

For de 21 huse, som ikke efterfølgende blev energirenoveret eller ombygget, varierer den årlige energibesparelse mellem 1300 kWh og 9700 kWh.

De årlige energibesparelser pr. m² solfanger varierer mellem 300 kWh pr m² solfanger og 1300 kWh pr. m² solfanger for de solvarmeanlæg, hvor solvarmeanlægget er eneste ændring i huset.

De årlige energibesparelser pr. m² solfanger varierer mellem 790 kWh pr m² solfanger og 2090 kWh pr. m² solfanger for de huse, som samtidig med installationen af solvarmeanlæg har fået installeret en ny naturgaskedel.

I et enkelt hus, som samtidig med/efter installationen af solvarmeanlægget, blev energirenoveret, er den årlige energibesparelse 3030 kWh pr. m² solfanger. Det er selvfølgelig ikke rimeligt at tilskrive denne energibesparelse til solvarmeanlægget alene.

| Lokalitet | Fabrikat | Solfangerareal m ² | Back up energianlæg | Andre energitiltag end solvarme? | Typisk årligt varmebehov før installation af solvarme kWh | Årlig energibesparelse kWh kWh/m ² |
|----------------|-------------|----------------------------------|----------------------------|--|---|---|
| Jægerspris | Velux | 3,65 | Oliefyr | Nej | 18000 | 3000 820 |
| Kerteminde | Batec | 4,38 | Naturgaskedel og brændefyr | Nej | 18000 | 1300 300 |
| Tilst | Velux | 1,83 | Elvarme/varmepumpe | Nej | 6000 | 1400 770 |
| Højbjerg | Sonnenkraft | 6,61 | Elvarme | Nej | 22000 | 4100 620 |
| Morud | Velux | 4,30 | Naturgaskedel | Nej | 15000 | 2900 670 |
| Humblebæk | Velux | 4,30 | Elvarme/Brændeovn | Nej | 15000 | 2600 600 |
| Hørsholm | Sonnenkraft | 3,23 | Naturgaskedel/Brændeovn | Ja, oliefyr udskiftet med naturgaskedel | 44000 | 6700 2070 |
| Virum | Sonnenkraft | 4,46 | Naturgaskedel/Brændeovn | Ja, oliefyr udskiftet med naturgaskedel og hus energirenoveret | 20000 | 13500 3030 |
| Charlottenlund | Sonnenkraft | 6,63 | Naturgaskedel | Ja, oliefyr udskiftet med naturgaskedel | 34000 | 6900 1040 |
| Årslev | Sonnenkraft | 6,46 | Naturgaskedel | Nej | 20000 | 2000 310 |
| Gørlose | Sonnenkraft | 8,81 | Fjernvarme | Nej | 17000 | 6500 740 |
| Birkerød | Sonnenkraft | 4,64 | Naturgaskedel | Ja, oliefyr udskiftet med naturgaskedel | 27000 | 9700 2090 |
| Glostrup | Batec | 6,57 | Naturgaskedel | Nej | 15000 | 3000 460 |
| Svinninge | Batec | 9,00 | Naturgaskedel | Nej | 21000 | 7000 780 |
| Sulsted | Sonnenkraft | 4,66 | Naturgaskedel | Ja, ny naturgaskedel | 24000 | 7400 1590 |
| Humblebæk | Batec | 8,76 | Oliefyr | Nej | 35000 | 4000 460 |
| Rønne | Velux | 5,76 | Oliefyr/træpillefyr | Nej | 29000 | 6800 1180 |
| Dyssegård | Velux | 6,46 | Naturgaskedel | Nej | 36000 | 8400 1300 |
| Hellerup | Sonnenkraft | 9,28 | Naturgaskedel | Nej | 55000 | 6000 650 |
| Haderslev | Velux | 6,46 | Naturgaskedel | Nej | 20000 | 3600 560 |
| Vinderup | Velux | 6,46 | Fjernvarme | Nej | 30000 | 3100 480 |
| Horsens | Velux | 6,93 | Naturgaskedel | Ja, ny naturgaskedel | 23000 | 5500 790 |

Tabel 3. Årlige energibesparelser for de undersøgte solvarmeanlæg.

3.3 Sammenfatning

30 huse med nye solvarmeanlæg blev udvalgt til undersøgelserne. Husene blev udvalgt efter at husejerne havde lovet at oplyse husenes energiforbrug før og efter installationen af solvarmeanlæggene, således at energibesparelserne kunne bestemmes.

Desværre holdt ikke alle husejerne hvad de lovede. Desuden var oplysningerne for nogle huses vedkommende ikke tilstrækkelige til at muliggøre en bestemmelse af energibesparelsen. Derfor er energibesparelserne bestemt for i alt 22 huse med nye solvarmeanlæg.

De årlige energibesparelser for husene, hvor den eneste ændring i huset er installationen af solvarmeanlægget, varierer mellem 300 kWh pr. m² solfanger og 1300 kWh pr. m² solfanger. Den gennemsnitlige årlige energibesparelse er ca. 670 kWh pr. m² solfanger for disse solvarmeanlæg.

Energibesparelsens størrelse pr. m² solfanger afhænger hverken af solvarmeanlægstype, den supplerende energikilde, solfangerfabrikat, solfangerareal, solfangertype, solfangerhældning eller solfangerorientering. Heller ikke husets energiforbrug eller lokalitet spiller nogen rolle.

De årlige energibesparelser for husene, hvor solvarmeanlægget blev installeret samtidig med en ny naturgaskedel, varierer mellem 790 kWh pr. m² solfanger og 2090 kWh pr. m² solfanger. Den gennemsnitlige årlige energibesparelse er ca. 1520 kWh pr. m² solfanger for disse solvarmeanlæg. Heller ikke for disse solvarmeanlæg afhænger energibesparelsen af solvarmeanlægstype, den supplerende energikilde, solfangerfabrikat, solfangerareal, solfangertype, solfangerhældning, solfangerorientering, husets energiforbrug eller husets lokalitet.

Den årlige energibesparelse for et hus, som både fik installeret solvarmeanlæg og gennemgik en energirenovering, var 3030 kWh pr. m² solfanger. Det er for dette solvarmeanlæg ikke muligt at vurdere hvor stor energibesparelsen er for solvarmeanlægget alene.

De årlige energibesparelser for nye solvarmeanlæg i enfamiliehuse er altså meget høje, mellem 300 kWh pr. m² solfanger og 2090 kWh pr. m² solfanger. Hvis husets eksisterende energianlæg benyttes som back up energianlæg for solvarmeanlægget opnås typiske årlige besparelser på mellem 500 kWh pr. m² solfanger og 800 kWh pr. m² solfanger. Installerer der en ny naturgaskedel samtidig med solvarmeanlægget opnås typiske årlige energibesparelser på mellem 1000 kWh pr. m² solfanger og 2000 kWh pr. m² solfanger.

4. Konklusion

Årlige energibesparelser er undersøgt for en række nye solvarmeanlæg i enfamiliehuse.

Solvarmeanlæggene er fra Velux Danmark A/S, Sonnenkraft Scandinavia A/S og Batec Solvarme A/S. Solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning og solvarmeanlæg til kombineret brugsvands- og rumopvarmning indgår i undersøgelserne. Husene har forskellige supplerende energianlæg: Naturgaskedel, oliefyr, elvarme og fjernvarme. Nogle af husene har flere forskellige supplerende energianlæg i form af yderligere en brændeovn eller varmepumpe. Solvarmeanlæggenes størrelser varierer mellem 1,83 m² og 9,28 m².

Nogle af solvarmeanlæggene er baseret på energiunits med en indbygget ny naturgaskedel og et varmelager til solvarmeanlægget. De fleste af solvarmeanlæggene benytter husets eksisterende energianlæg som supplerende energianlæg.

De årlige energibesparelser for husene, hvor den eneste ændring i huset er installationen af solvarmeanlægget, varierer mellem 300 kWh pr. m² solfanger og 1300 kWh pr. m² solfanger. Den gennemsnitlige årlige energibesparelse er ca. 670 kWh pr. m² solfanger for disse solvarmeanlæg.

Energibesparelsens størrelse pr. m² solfanger afhænger hverken af solvarmeanlægstype, den supplerende energikilde, solfangerfabrikat, solfangerareal, solfangertype, solfangerhældning eller solfangerorientering. Heller ikke husets energiforbrug og lokalitet spiller nogen rolle.

De årlige energibesparelser for husene, hvor solvarmeanlægget blev installeret samtidig med en ny naturgaskedel, varierer mellem 790 kWh pr. m² solfanger og 2090 kWh pr. m² solfanger. Den gennemsnitlige årlige energibesparelse er ca. 1520 kWh pr. m² solfanger for disse solvarmeanlæg. Heller ikke for disse solvarmeanlæg afhænger energibesparelsen af solvarmeanlægstype, den supplerende energikilde, solfangerfabrikat, solfangerareal, solfangertype, solfangerhældning, solfangerorientering, husets energiforbrug eller husets lokalitet.

De årlige energibesparelser for nye solvarmeanlæg i enfamiliehuse er altså meget høje, mellem 300 kWh pr. m² solfanger og 2090 kWh pr. m² solfanger. Hvis husets eksisterende energianlæg benyttes som back up energianlæg for solvarmeanlægget opnås typiske årlige besparelser på mellem 500 kWh pr. m² solfanger og 800 kWh pr. m² solfanger. Installerer der en ny naturgaskedel samtidig med solvarmeanlægget opnås typiske årlige energibesparelser på mellem 1000 kWh pr. m² solfanger og 2000 kWh pr. m² solfanger.

Energibesparelserne for solvarmeanlæggene er højere end normalt antaget og på højde med de energibesparelser, som er dokumenteret for svenske solvarmeanlæg.

Referencer

- [1] "Solvarmeanlæg fra Batec Solvarme A/S, Velux Danmark A/S og Sonnenkraft Scandinavia A/S – målinger og beregninger". Elsa Andersen og Simon Furbo. DTU Byg, rapport SR-09-01. 2009.
- [2] "Enkätundersökning om energibesparing og drift med solfångare". T. Larsson. Department of technology, Örebro University, Intern rapport 00:00. 2000.
- [3] "Long term investigations of thermal performance and energy savings for a solar combi system". Simon Furbo, Jianhua Fan og Alexander Thür. ISES Solar World Congress 2009 Proceedings, Johannesburg, Sydafrika. 2009.
- [4] "Energy savings for solar heating systems". Alexander Thür, Louise Jivan Shah og Simon Furbo. Solar Energy Vol. 80, Issue 11, pp. 1463-1474. 2006.
- [5] "Kedeleffektiviteter for oliefyr og naturgaskedler i enfamiliehuse". Simon Furbo, Louise Jivan Shah, Christian Holm Christiansen og Karsten Vinkler Frederiksen. DTU Byg, rapport R-072. 2004.
- [6] <http://www.dmi.dk/dmi/index/danmark/oversigter/graddage.htm>. 2011.

Bilag 1: Ansøgningsskema

DELTAGELSE I FORSKNINGSPROJEKTET "SOLVARMEANLÆGS ENERGIBESPARELSER"

Undertegnede ønsker at deltage i oven for nævnte projektet, og har aftalt med en solvarmeinstallatør at der installeres et solvarmeanlæg på mit hus i 2008.

Jeg vil give DTU oplysninger om mit hus, energianlæg, solvarmeanlæg samt energiforbrug før og efter installation af solvarmeanlægget mm. Hvis det bliver nødvendigt kan DTU få adgang til solvarmeanlægget. Din solvarmeinstallatør modtager, hvis du udvælges til projektet, 2000 kr som støtte til anlæggets komponenter.

Navn:

Underskrift:

Adresse:

Tlf.:

Email:

Husareal:

Tagflade orientering:

Tagflade hældning:

Skygger på tagflade?

Nuværende energianlæg:

Nuværende varmtvandsbeholder:

Har huset en cirkulationsledning?

Antal beboere:

Solvarmeinstallatør:

Adresse:

Tlf.:

Email:

Solvarmeanlæg, fabrikat:

Solvarmeanlæg, type:

Solfangerareal:

Soltankvolumen:

Sendes til: Solvarme, DTU Byg, bygning 118, Brovej, DTU, 2800 Kgs. Lyngby

Bilag 2: Skema vedrørende energiforbrug før installation af solvarmeanlægget

Skema 1

1. Hvor stort var energibehovet før installation af solvarmeanlægget, gerne for mange år?

Vi er interesserede i alle de oplysninger du kan give os:

| L olie | Periode |
|--------|---------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

| m^3 naturgas | Periode |
|----------------|---------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

| kWh elforbrug | Periode |
|---------------|---------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Andet energiforbrug:

Hvis du har mere detaljeret oplysning om energiforbruget, for eksempel energiforbruget måned for måned, er vi meget interesserede i de målinger også.

2. Hvornår blev solvarmeanlægget installeret?

3. Har der været problemer med solvarmeanlægget?
Hvis ja, hvilke?

Sendes til: Simon Furbo, DTU Byg, bygning 118, brovej, DTU, 2800 Kgs Lyngby, email: sf@byg.dtu.dk snarest.

Bilag 3: Skema vedrørende energiforbrug i 2009

Skema 2

1. Hvor stort er energibehovet i 2009 efter installation af solvarmeanlægget?

Vi er interesserede i alle de oplysninger du kan give os.

| L olie | Periode |
|--------|---------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

| m^3 naturgas | Periode |
|----------------|---------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

| kWh elforbrug | Periode |
|---------------|---------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Andet energiforbrug: _

Hvis du har mere detaljeret oplysning om energiforbruget, for eksempel energiforbruget måned for måned, er vi meget interesserede i de målinger også.

Sendes til: Simon Furbo, DTU Byg, bygning 118, brovej, DTU, 2800 Kgs Lyngby, email: sf@byg.dtu.dk **den 31. december 2009.**

Bilag 4: Skema vedrørende energiforbrug i 2010

Skema 3

1. Hvor stort er energibehovet i 2010 efter installation af solvarmeanlægget?

Vi er interesserede i alle de oplysninger du kan give os.

| L olie | Periode |
|--------|---------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

| m^3 naturgas | Periode |
|----------------|---------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

| kWh elforbrug | Periode |
|---------------|---------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Andet energiforbrug: _

Hvis du har mere detaljeret oplysning om energiforbruget, for eksempel energiforbruget måned for måned, er vi meget interesserede i de målinger også.

Sendes til: Simon Furbo, DTU Byg, bygning 118, brovej, DTU, 2800 Kgs Lyngby, email: sf@byg.dtu.dk senest **31. december 2010**.

Energibesparelsen for en række nye solvarmeanlæg i enfamiliehuse er bestemt ved hjælp af oplysninger om husenes energiforbrug før og efter installationen af solvarmeanlæggene.

De årlige energibesparelser for solvarmeanlæggene er meget høje, mellem 300 kWh pr. m² solfanger og 2090 kWh pr. m² solfanger. Hvis husets eksisterende energianlæg benyttes som back up energianlæg for solvarmeanlægget opnås typiske årlige besparelser på mellem 500 kWh pr. m² solfanger og 800 kWh pr. m² solfanger. Installerer man en ny naturgaskedel samtidig med solvarmeanlægget opnås typiske årlige energibesparelser på mellem 1000 kWh pr. m² solfanger og 2000 kWh pr. m² solfanger.

DTU Byg
Institut for Byggeri og Anlæg
Danmarks Tekniske Universitet

Brovej, Bygning 118
2800 Kgs. Lyngby
Tlf. 45 25 17 00

www.byg.dtu.dk

ISBN=9788773180
ISSN: 1601-2917